Вакуумные системы и оборудование

Вакуумные системы и оборудование предназначены для создания разреженного воздуха, распределения его потока и использования в качестве приводной среды по аналогии со сжатым воздухом. Такого типа системы применяются, как правило, в автоматизированных сборочных линиях для перемещения изделий в пределах от малых по размеру электронных компонентов до стеклянных пластин или для транспортирования и удержания изделий в определенном положении, например, кинескопов телевизоров.

В терминах пневматической технологии под вакуумом понимают область, свободную от окружающей атмосферы (давление в которой ниже атмосферного). Вакуум измеряют в Торрах или в стандарте СИ в барах и Паскалях.

Величина вакуума (или уровень разрежения) $P_{вак}$ определяется как $P_{вак}=P - P_{атм}$, где P - абсолютное давление, $P_{атм}$ - атмосферное давление. Таким образом, величина вакуума отрицательна и лежит в диапазоне от -103.3 кПа до 0.

Существует два основных метода получения вакуума: посредством вакуумного насоса, который откачивает воздух из резервуара или используя эжекторы, которые создают вакуум благодаря кинетической энергии сжатого воздуха.

Хотя создание вакуума с помощью вакуумного насоса объемного типа относительно дорого, этот способ все же используют для создания глубокого вакуума в больших объемах. Но в большинстве случаев вакуум создают при помощи эжекторов, так как этот способ более дешевый.

Основные положения

При проектировании и разработке вакуумных систем необходимо учитывать следующие основные положения.

1. При выборе между одной присоской с большим диаметром и эквивалентными ей по усилию присасывания несколькими присосками с малым диаметром, предпочтение следует отдавать, как правило, малым присоскам, чтобы распространить силу присасывания на максимально широкую область.
2. Не допускать выхода краев присоски за края изделия.
3. Использовать многоступенчатые присоски, чтобы предотвратить ослабление силы присасывания во время подъема.
4. Уменьшить время, необходимое для достижения рабочего вакуума, минимизируя длину соединительных трубопроводов между эжектором и присоской.
5. Использовать для каждой присоски индивидуальный эжектор. Несколько присосок, управляемых одним эжектором, перестанут удерживать изделие, если даже одна присоска разгерметизируется.
6. Следует учитывать, что использование в системе присоска-эжектор управляющего клапана гарантирует постоянный расход воздуха через присоску, даже в случае различных утечек вакуума.
7. Устанавливать дополнительные присоски так, чтобы в случае отказа нескольких присосок изделие всегда удерживалось в нужном положении.
8. Минимизировать диаметр соединительных трубопроводов, уменьшить сопротивление потоку, утечки и время, необходимое для создания вакуума.
9. Использовать и правильно обслуживать действующие фильтры, так как эффективная фильтрация предотвращает загрязнение эжекторов твердыми частицами и маслом. Для эффективной работы эжектора он должен быть защищен фильтрами в напорной и вакуумной линиях
10. Иногда бывает необходимо обеспечить и вакуум, и избыточное воздушное давление в присоске. Это достигается включением управляющего клапана питания между эжектором и присоской.

При использовании эжектора или вакуумного насоса в технологическом процессе для захвата изделия необходимо, чтобы продолжительность создания (сброса) разрежения и уровня самого разрежения в течение всей технологической операции находились в соответствии с характеристиками вакуумпроводов и типом изделия. То есть эффективное использование вакуумной системы может быть достигнуто путем выбора подходящего вакуумного оборудования.

Как выбрать вакуумное оборудование?

Процедура выбора вакуумного оборудования состоит из двух основных этапов.

1. ВЫБОР ПРИСОСКИ

1.1. Определение теоретической подъемной силы
1.2. Расчет диаметра присоски

2. ВЫБОР ВАКУУМНОЙ АППАРАТУРЫ

2.1. Расчет продолжительности откачки
2.2. Определение величины утечек
2.3. Выбор эжектора и вакуумраспределителя

1. Выбор присоски

При использовании круглой присоски ее диаметр определяется из расчета величины подъемной силы. Расчетное значение должно быть использовано как рекомендуемое и подтверждено, в случае необходимости, экспериментально. При расчете подъемного усилия необходимо учитывать вес изделия, силы, действующие на него в процессе движения (в момент подъема, остановки, переноса и др.) и ограничения, обусловленные техникой безопасности. Дополнительные ограничения, определяемые в каждом конкретном случае отдельно, могут привести к необходимости использования дополнительного количества присосок и указания их места расположения на изделии.

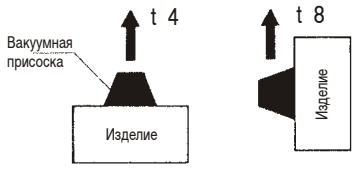
Теоретическая подъемная сила (без учета коэффициента безопасности) может быть найдена при заданных значениях диаметра присоски и уровня вакуума. Требуемая подъемная сила может быть затем определена путем деления теоретической силы на коэффициент безопасности.
Далее в таблице приведены значения теоретической подъемной силы в Ньютонах (Н).

1.1. Определение теоретической подъемной силы

Подъемная сила присоски может быть найдена путем расчета усилия подъема плоской поверхности:

$$F = 0.1 \frac{pS}{t} \text{(Н), где:}$$

p - уровень разрежения (кПа)
S - эффективная площадь присоски (см^2)
t - коэффициент безопасности:
при работе горизонтально расположенной присоски t 4
(присоска работает на отрыв)
при работе вертикально расположенной присоски t 8.
(присоска работает на сдвиг)



1.2. Определение диаметра присоски

Для определения размеров присоски при заданном значении подъемной силы используется приведенная ниже формула и, например, для круглой присоски ее диаметр определяется следующим образом:

$$D = \sqrt{\frac{4 \ 10Ft}{pn}} \text{(см), где:}$$

p - уровень разрежения (кПа)
F - подъемная сила (Н)
n - количество присосок, используемых для поднятия изделия
t - коэффициент безопасности:
при работе горизонтально расположенной присоски t 4
при работе вертикально расположенной присоски t 8.

Теоретическая подъемная сила (Н)

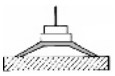
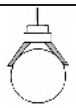
Диаметр присоски (мм)		2	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50
Площадь присоски (см^2)		0.031	0.126	0.283	0.503	0.785	1.33	2.01	3.14	4.91	8.04	12.6	19.6
Уровень разрежения (кПа)	-85	0.264	1.07	2.41	4.28	6.67	11.3	17.1	26.7	41.7	68.3	107	167
	-80	0.248	1.01	2.26	4.02	6.28	10.6	16.1	25.1	39.3	64.3	101	157
	-75	0.233	0.945	2.12	3.77	5.89	9.98	15.1	23.6	36.8	60.3	94.5	147
	-70	0.217	0.882	1.98	3.52	5.50	9.31	14.1	22.0	34.4	56.3	88.2	137
	-65	0.202	0.819	1.84	3.27	5.10	8.65	13.1	20.4	31.9	52.3	81.9	127
	-60	0.186	0.756	1.70	3.02	4.71	7.98	12.1	18.8	29.5	48.2	75.6	118
	-55	0.171	0.693	1.56	2.77	4.32	7.32	11.1	17.3	27.0	44.2	69.3	108
	-50	0.155	0.630	1.42	2.52	3.93	6.65	10.1	15.7	24.6	40.2	63.0	98.0
	-45	0.140	0.567	1.27	2.26	3.53	5.99	9.05	14.1	22.1	36.2	56.7	88.2
	-40	0.124	0.504	1.13	2.01	3.14	5.32	8.04	12.6	19.6	32.2	50.4	78.4

Компания SMC сохраняет за собой право на внесение технических и размерных изменений

Выбор вакуумного оборудования

Рекомендации по выбору параметров разрежения и формы присоски

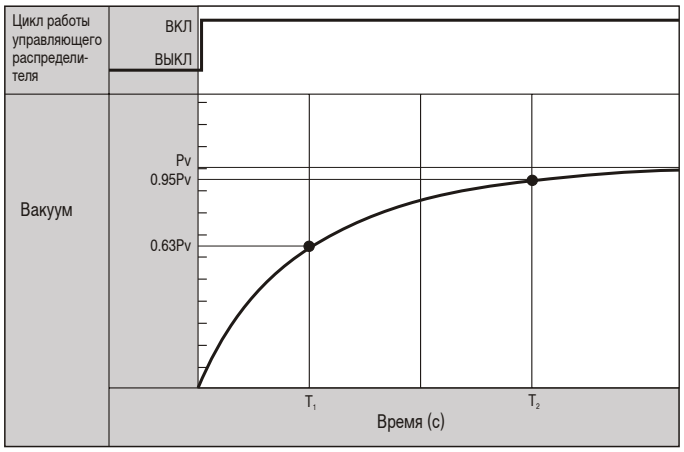
Целесообразно устанавливать начальный уровень разрежения несколько больше — этот уровень после присасывания стабилизируется. Диаметр присоски определяется в соответствии со значением начального уровня разрежения. При выборе присоски необходимо иметь в виду, что уровень вакуума в процессе присасывания и удержания изделия из-за утечек снижается.

Тип присоски	Схема	Применение
Плоская		Используется при работе с плоскими, нешероховатыми поверхностями в условиях отсутствия деформации изделия
Плоская с ребрами жесткости		Применяется при работе с поверхностями, когда возможна их деформация или смятие под действием вакуума (виниловые, бумажные, картонные листы и др.)
Глубокая		Используется при работе с криволинейными поверхностями
Сильфонная		Используется для захвата изделий с наклонной поверхностью и в условиях ограниченного пространства
Элипсо-образная		Для захвата изделий с небольшой поверхностью захвата или для точно расположенных удлиненных изделий
Вращающаяся		Для работы с изделиями, имеющих негоризонтальную поверхность присасывания
С депфированием в конце хода		Для изделий, имеющих неровную поверхность или если изделие нуждается в демпфировании при базировании
Большого диаметра		Для работы с тяжелыми изделиями
Электропроводная		Для предотвращения накапливания статического электричества. Резиновый материал с пониженным электрическим сопротивлением используется как одно из средств электростатической защиты

2. Выбор эжектора и распределителя

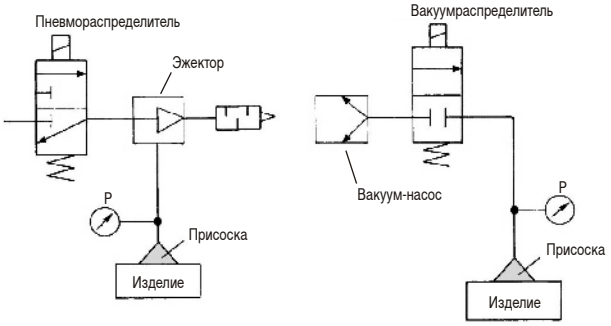
2.1. Продолжительность откачки

Приближенное значение продолжительности откачки, то есть времени, необходимого для достижения под присоской установившегося уровня разрежения, требуемого для присасывания после включения/выклю-чения распределителя, может быть получено расчетным путем или с помощью диаграмм. Далее рассматривается только расчетный вариант.



Переходный процесс изменения уровня вакуума под присоской при переключении вакуумраспределителя

Pv - установившийся уровень вакуума
T_1 - время, необходимое для достижения 63% уровня вакуума от установившегося значения
$T_2=3T_1$ - время, необходимое для достижения 95% уровня вакуума от установившегося значения



Типовые схемы вакуумной системы с питанием от эжектора (слева) и вакуумного насоса

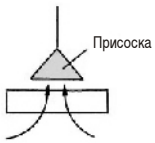
Значение времени T_1 и T_2 может быть получено по формуле, приведенной ниже:

$$T_1 = \frac{60V}{Q}; \quad T_2 = 3T_1; \quad V = \frac{D^2L}{4\ 1000}$$

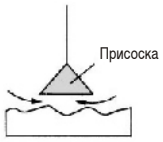
где
Q - уровень среднего расхода воздуха (нл/мин)
V - емкость вакуумпровода на участке от эжектора до присоски (л)
D, L - диаметр и длина вакуумпровода

2.2. Определение величины утечек

Даже если присоска размещена на поверхности изделия, воздух все равно может протекать через изделие, как это показано на рисунке ниже. В результате уровень вакуума, необходимый для присасывания, не может быть достигнут. В таких случаях необходимо выбирать подходящий эжектор и распределитель, способные обеспечить требуемые параметры разрежения, чтобы компенсировать утечку под присоску через неплотности в изделии.



Пористое изделие



Шероховатая рабочая поверхность

Уровень утечек через эффективную рабочую поверхность определяется по формуле:

$$Q_L = 11.1\ S_L \ (\text{л/мин}), \text{ где}$$

S_L - эффективная площадь между рабочей поверхностью и присоской

2.3. Выбор эжектора и распределителя

Величина среднего расхода определяется по формуле:

$$Q = \frac{60V}{T_1} + Q_L\ ; \qquad T_2 = 3T_1\ , \text{ где}$$

V - емкость трубопровода (л)
T_1 - время, необходимое для достижения уровня разрежения, равного 63% от установившегося значения после присасывания (с)
T_2 - время, необходимое для достижения уровня разрежения, равного 95% от установившегося значения после присасывания (с)
Q_L - величина расхода утечек (нл/мин)

Величина максимального расхода определяется по формуле:

$$Q_{max} = (2...3)\ Q \ (\text{нл/мин})$$

Эжектор выбирается с расходом не менее величины Q_{max}.

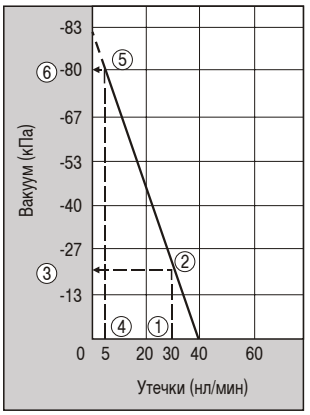
Вакуумраспределитель выбирается исходя из значения эффективной площади, которая должна быть не меньше следующего значения:

$$S = \frac{Q_{max}}{11.1} (\text{мм}^2)$$

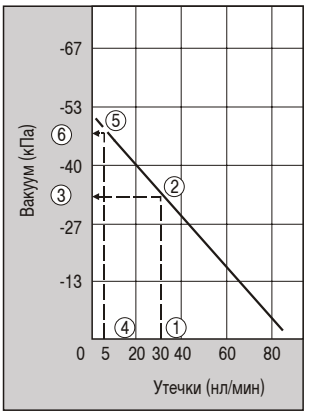
Рекомендации по выбору типа эжектора

Имеется два типа расходных характеристик эжектора - с высоким уровнем вакуума (тип S) и высоким уровнем расхода (тип L). При выборе типа эжектора необходимо уделить внимание уровню вакуума, особенно в тех случаях, когда присасываемое изделие имеет утечки.
Уровень разрежения изменяется в соответствии с уровнем утечек, как показано на диаграммах.

Расходные характеристики эжекторов



ZH13 S - с высоким уровнем вакуума



ZH13 L - с высоким уровнем расхода

Для определения значений на диаграммах с помощью цифр и стрелок приведены последовательность и направление выполнения операций нахождения величин. На горизонтальной оси определяется заданная величина утечек, из нее перемещаются до пересечения с характеристикой и из точки пересечения перемещаются далее по перпендикуляру к вертикальной оси. Точка пересечения на вертикальной оси показывает значение вакуума при заданном уровне утечек.

Если уровень утечек составляет, например, 30 л/мин, то уровень разрежения для эжекторов типа S составляет -20 кПа, а для эжекторов типа L -33 кПа.

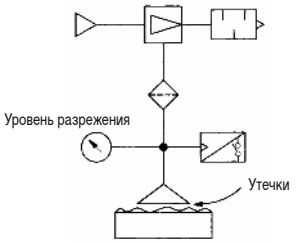
Если уровень утечек составляет 5 л/мин, то уровень разрежения для эжекторов типа S составляет -80 кПа, а для эжекторов типа L -47 кПа.

Согласно диаграммам, для получения наибольшего уровня разрежения необходимо при уровнях утечек больше 25 л/мин использовать эжекторы типа L, а при меньших значениях утечек целесообразно использовать эжекторы типа S.

Таким образом, в процессе выбора необходимо рассматривать обе расходные характеристики S-типа и L-типа для того, чтобы выбрать именно тот тип эжектора, который наиболее подходит для конкретного применения.

Рекомендации по выбору диаметра сопла эжектора

Если уровень утечек, имеющих место между присоской и рабочим изделием, является значительным по причине, например, неплотного прилегания или недостаточного времени откачки воздуха, необходимо выбирать сопло с большим диаметром в эжекторах серий ZH, ZM, ZR, ZL.

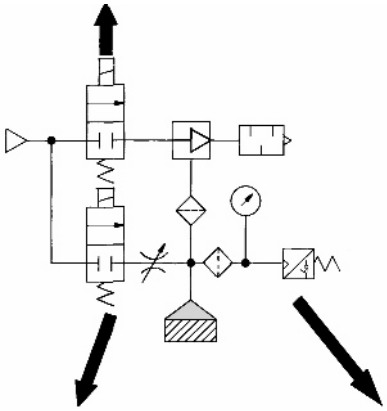


Компания SMC сохраняет за собой право на внесение технических и размерных изменений

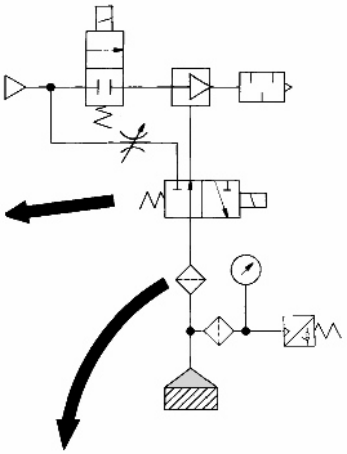
Выбор вакуумного оборудования

Рекомендации по выбору вакуумного оборудования

Рекомендуется выбирать распределитель в линии питания нормально открытого типа или такой, который обладает функцией "самоневыключения", как контрмера в случае падения напряжения в сети



Выбирайте вакуумный распределитель, который имеет эффективную площадь проходного сечения не меньшую, чем у оборудования, входящего в цепь от эжектора до присоски

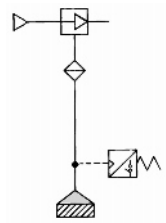
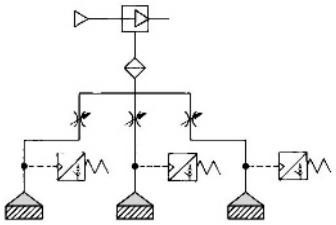
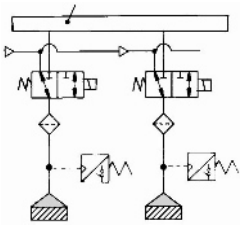
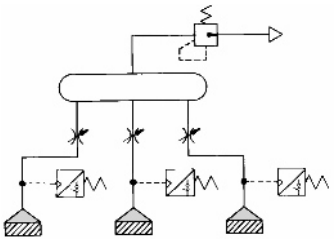


Для стравливания вакуума используйте 3/2-распределитель для работы с вакуумом. Кроме этого, применяйте пневмодроссель для регулирования расхода

При работе, связанной с переносом изделий, рекомендуется использовать вакуумный датчик. Кроме этого, при транспортировании тяжелых и опасных предметов целесообразно для визуального контроля применять вакуумметр.

Используйте фильтр (серий ZFA-ZFB) во всасывающей магистрали для защиты распределителя и предотвращения засорения эжектора. Фильтры во всасывающей магистрали должны быть использованы с эжекторами серий ZX, ZR и ZM при работе в пыльной окружающей среде. Если будут использоваться только встроенные в устройства фильтры, они быстро засорятся

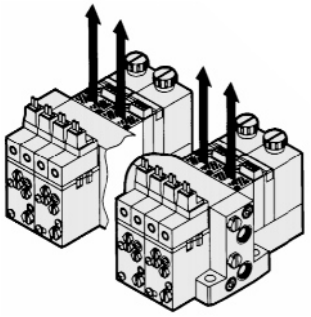
Рекомендации по работе с вакуумными схемами

Схема с эжектором и присосками		Схема с вакуумным насосом и присосками	
			
Идеальный случай, когда на каждую присоску приходится индивидуальный эжектор	Если один эжектор соединен с более чем одной присоской, то в этом случае при разгерметизации хотя бы одного соединения присоски с изделием, уровень вакуума падает, приводя к разгерметизации других присосок. Поэтому должны быть предприняты следующие контрмеры: ✓ Рекомендуется применять пневмодроссель для уменьшения влияния присосок друг на друга ✓ Целесообразно контролировать давление на каждой присоске с помощью вакуумных датчиков	Идеальный случай, когда на каждую присоску приходится по отдельной вакуумной линии	Когда более чем одна присоска присоединена к одной вакуумной линии, необходимо придерживаться следующих рекомендаций ✓ Использовать пневмодроссель для уменьшения изменения давления между работоспособными и неработоспособными присосками ✓ Использовать ресивер и вакуумный редукционный клапан (вакуумный регулятор давления) для стабилизации уровня давления ✓ Применять вакуумный датчик давления на каждой присоске

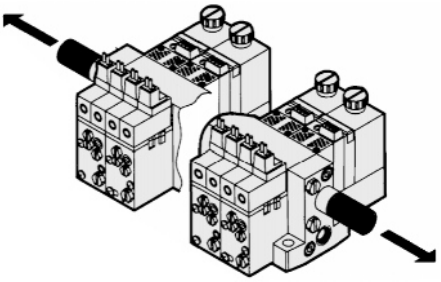
Рекомендации по выбору коллектора

Если используется большое число эжекторов, которые соединены на коллекторе и работают одновременно, то целесообразно использовать или встроенный глушитель, или выхлопное отверстие.
Если используется большое число эжекторов и они установлены на коллекторе с общим выхлопом, то целесообразно установить глушитель на коллектор с обоих концов, чтобы уменьшить сопротивление выхлопу.
Если же выхлоп должен осуществляться через трубопровод, необходимо убедиться, что диаметр трубопровода достаточно большой, чтобы противодавление не повлияло на нормальное функционирование эжекторов.

Индивидуальный выхлоп



Централизованный выхлоп



Рекомендации по выбору вакуумных элементов

Характеристики фильтра и эффективной площади распределителя необходимо определять в соответствии с уровнем максимального расхода эжектора и вакуумного насоса. Следует убедиться, что эффективная площадь больше значения, полученного по формуле:

$$S \quad Q_{max} / 11.1 \text{ , где}$$

Q_{max} - наибольший расход.

Выбор реле вакуума (серии типа ZS), вакуумных манометров (серии типа GZ)

В процессе присасывания и транспортирования изделия необходимо контролировать работу вакуумных распределителей (дополнительно процесс контролируется также визуально с помощью вакуумметров, особенно при работе с тяжелыми или опасными для окружающей среды изделиями).
В условиях, при которых используются малые диаметры вакуумного сопла, равные приблизительно 1 мм, например, при работе с электронными или прецизионными комплектующими, разница в разрежении между уровнями ВКЛ (включено) и ВЫКЛ (выключено) становится незначительной (хотя это зависит от мощности эжектора или вакуумного насоса). В таких случаях необходимо использовать вакуумный датчик давления ZSP1(по запросу), который имеет малый гистерезис и высокую точность. К тому же его использование позволяет стабилизировать уровень давления эжектора и вакуумного насоса.

Выбор вакуумных фильтров серии ZFA, ZFB, ZFC

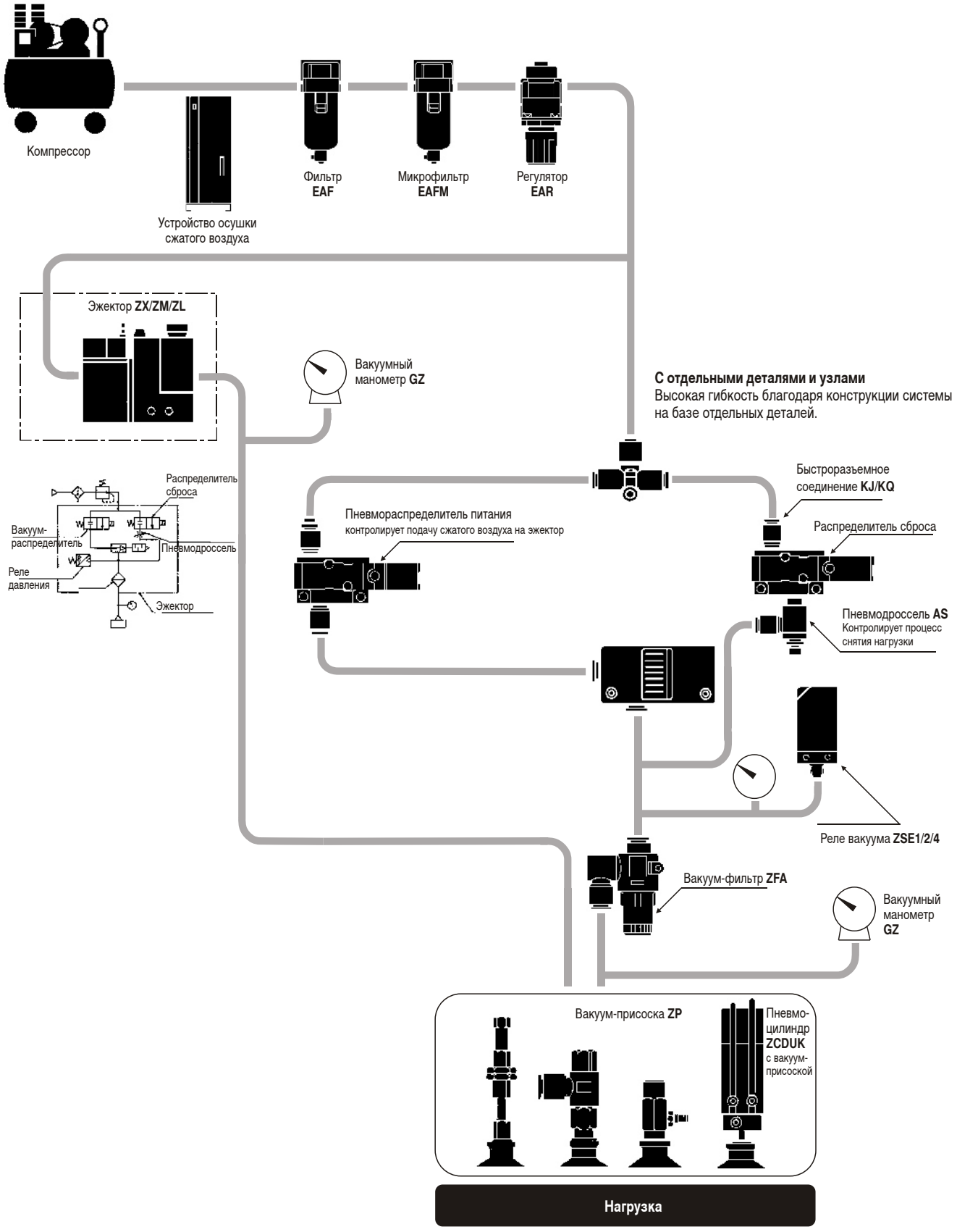
Для защиты распределителей и эжекторов от засорения рекомендуется применять в вакуумных сетях фильтр.
При использовании эжекторов ZX, ZR и ZM серий в пыльных условиях их фильтры быстро засоряются. Поэтому в качестве дополнительных могут быть рекомендованы фильтры серии ZFA, ZFB, ZFC.

Компания SMC сохраняет за собой право на внесение технических и размерных изменений

Выбор вакуумного оборудования

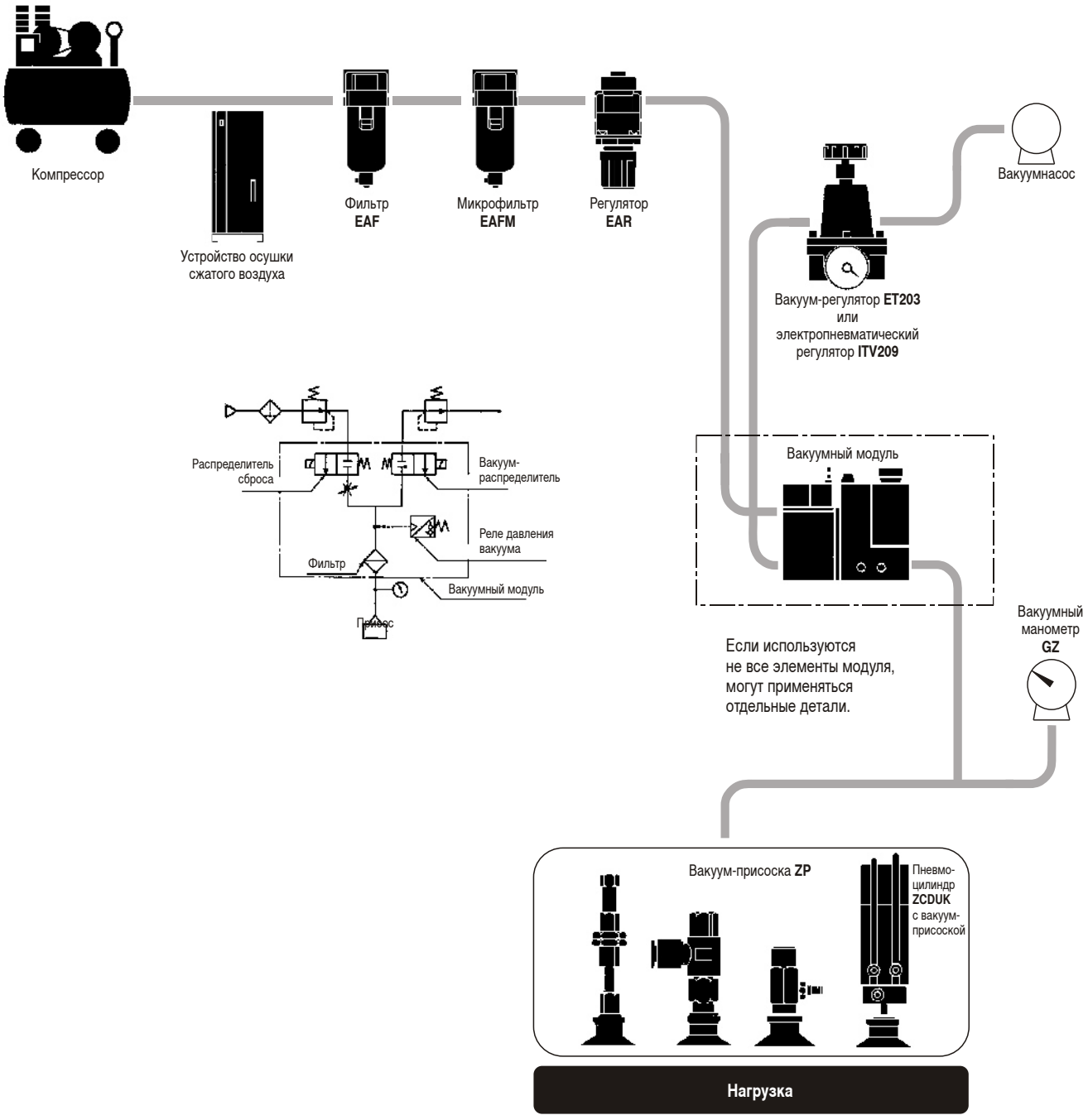
Система транспортировки с генерацией вакуума посредством сжатого воздуха

С системой генерации модульной конструкции экономия времени на монтажные работы, а также малый вес и компактность благодаря принципу встраивания в корпус всех элементов (эжекторы, клапаны/пневмораспределители, фильтры, вакуумные реле, дроссели).



Система транспортировки с генерацией вакуума посредством насоса

Экономия монтажного времени и компактность благодаря вакуумному модулю, который содержит все важные узлы - эжекторы, фильтры, распределители и реле.



Компания SMC сохраняет за собой право на внесение технических и размерных изменений

Высоковакуумная запорная арматура. Обзор

Герметичное перекрытие магистралей откачных систем выполняется клапанами, поставляемыми с корпусами из алюминиевого сплава или нержавеющей стали

Преимущества клапанов SMC

1. Внутренние каналы полированы

Внутренние каналы электрополированы, опционально - обработаны oxalic acid (ускорена откачка, снижен уровень газовыделения, повышена коррозионная стойкость)

2. Низкая металлоемкость, хорошая прогреваемость

Оптимизация корпуса позволила достичь высокой проводимости, однородности прогрева и существенного снижения массы клапана (1 кг для клапана Ду=40 с алюминиевым корпусом)

3. Двойной опрос состояния

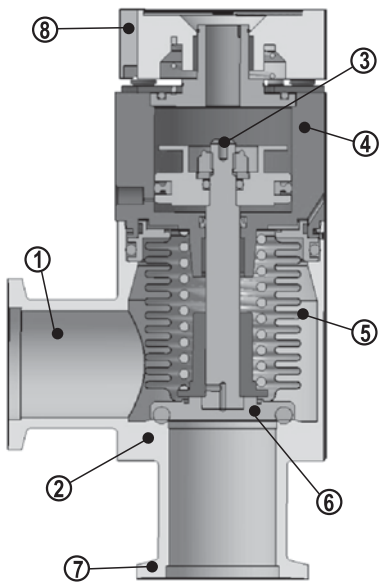
Визуальный индикатор открыт/закрыт. Бесконтактный датчик положения (герконовый или магнитный) со световой индикацией в канавке поршневого привода

4. Современный пневматический привод

с уплотнением запатентованного овального профиля обеспечивает высокий ресурс и быстродействие.

Максимальная компактность. Пневмораспределитель имеет стыковой монтаж к щеке пневмопривода (при поставке с распределителем).

Ориентация порта пневмопривода, канавок для датчиков может быть легко изменена по отношению к корпусу



5. Бесшовный тонкостенный сильфон из нерж. стали

Сильфон имеет определяющее значение для ресурса клапана в целом.

Тонкостенный сильфон из SUS316L обеспечивает большой ход открытия.

В отличие от пластинчатых сильфонов, отсутствуют концентраторы напряжений в виде многочисленных швов.

Благодаря карманам между складками сильфона исключается его усталостное разрушение из-за попадания частиц в "грязных" процессах.

Внутренняя полость сильфона вентилируется в атмосферу. Т.о. в случае повреждения уплотнения штока избыточное давление не повредит сильфон и не приведет к натеканию в вакуумный объем. Также, отверстие используется для течеискания (проверки герметичности)

6. Благодаря сбалансированной клапанной тарелке откачка может выполняться со стороны любого из портов

Нагрузки, возникающие на сильфонном узле, сбалансированы. Поскольку не возникает осевого усилия на тарели клапана от воздействия давления или разрежения, направление откачки (и положение в пространстве) безразлично.
Клапан одинаково стабильно работает при любом подключении к насосу. Можно выбирать оптимальное подключение в зависимости от процесса и монтажного пространства: грязные процессы - камера со стороны тарелки клапана

7. Цельный корпус

Корпус клапана является цельным (литье (нерж. сталь) или экструзия (алюминий), с последующей механообработкой), поэтому отсутствуют сварные соединения между фланцами и телом клапана. Сглаженный профиль каналов, отсутствие стыков повышают проводимость, улучшает вакуумную гигиену.

8. Удобство обслуживания и высокая ремонтопригодность

Разборка клапана для инспекции, замены уплотнений или очистки занимает несколько минут (не требуются отсоединение клапана и разборка вакуумной системы).

Уплотнения клапана и пневмопривода доступны в виде ремкомплектов к пневмоцилиндрам серии CQ2